

分子間力と分子間相互作用 その4 分子間力とファンデルワールス力との違い

分子間力には“引力（分子・原子同士が引き合う力）と斥力（分子・原子同士が反発する力）”があります。高校化学では分子間力=引力としか取り扱いが無いので、この講義でも引力のみ取り上げています。引力を伴う化学反応はエネルギーが減少する方向に向かうというのは大前提です。シンプルに考えていきましょう。また、みんなも感じている様に分子間力はとてもわかり難いです。この講義では私なりに“これだろう！”というものを提案しています。そもそも、分子間力はファンデルワールス力と何が違うの？と疑問に思ったことはありませんか。というか、高校化学の教科書や資料には分子間力≡ファンデルワールス力という意味合いで書かれているように感じるのは私だけではないと思います。そのあたりを明らかにしましょう。

分子間力は代表的なものを取り上げると、“クーロン力 Coulomb force”，“ファンデルワールス力 van der Waals force（それは配向力 orientation force, 誘起力 induction force, 分散力 dispersion force の和）”，“水素結合力 hydrogen bonding force”などがあります。それら一連の力を生じさせる相互作用として、クーロン力ならばクーロン相互作用になります。それは“電荷と電荷の相互作用”（それを“電荷-電荷相互作用”と書きます 以降はこのような表現方法を使います）です。つまり、陽イオンや陰イオンなどが互いに相互作用する場合です。このクーロン相互作用は分子間相互作用の中で最も大きなものです。これは一番わかりやすいですよ。

ここで、1 つだけ注意してください。クーロン“相互作用”の次元で考えたものとクーロン“力”の次元で考えたものは混同しないように気を付けてください。大学へ進学すると、それらを式で表現することになります。クーロン相互作用は電荷間距離の1乗に反比例し、クーロン力は電荷間距離の2乗に反比例します。図1を見てください。固定

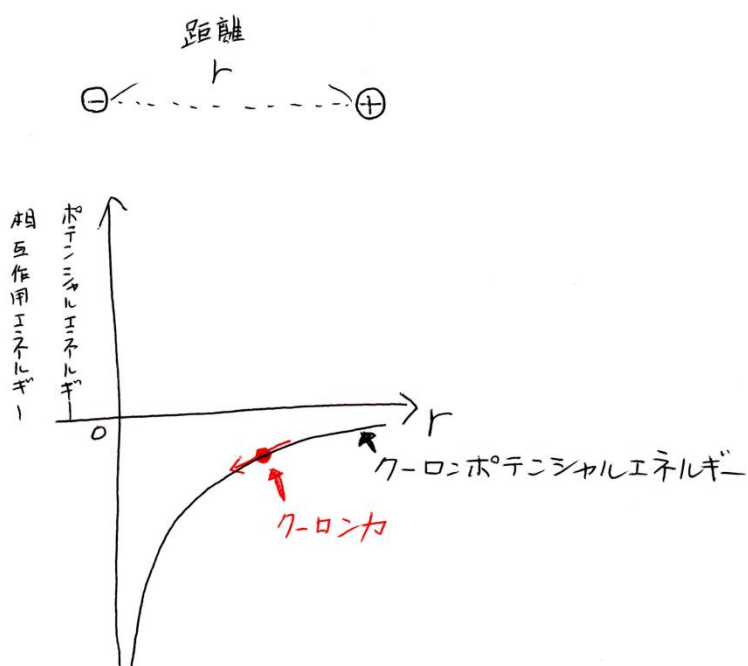


図1 クーロンポテンシャルエネルギーとクーロン力

された \ominus の電荷に \oplus の電荷が近づいていくのを想像してください。クーロン相互作用を表現する関数が“クーロンポテンシャル Coulomb potential (あるいはクーロンポテンシャルエネルギー Coulomb potential energy)”です。ある点においてクーロンポテンシャルを微分すると、ある点での傾きになりクーロン力になります。クーロン力とは、クーロンポテンシャル上のある点において減少するのにどれくらい勢いがあるのかを表しています。“瞬間の変化量”みたいな感じです。クーロンポテンシャルは単なる大きさ (スカラー量と言います) を表し、クーロン力は大きさと方向を持ちます (ベクトル量と言います)。ちなみに高校化学では、“分子間力にはファンデルワールス力と水素結合がある”などと書かれているように、“力”と“結合”を同じものとして使っていたりしているので、違和感だらけです。グレーでいい所と、グレーにしちゃダメな所があるのでそれだけは忘れずに。

それでは、分子間力とファンデルワールス力との違いにいきましょう。詳しくは“その5”で説明するので、前半はそういうものなのかという大きな心を持って受け入れてください。初めに言っておくと、ファンデルワールス力は明確な分類はできません。講義の後半にいくとその理由は何となくわかると思います。ファンデルワールス力は、配向力、誘起力および分散力からなる力です。ここで面倒なのがたまに (でもないかな)、分散力=ファンデルワールス力と書かれているものもあります。まずは、その理由を説明します。同時に高校化学で言う分子間力=ファンデルワールス力という関係も明らかにしてみましょう。

ここではシンプルに考えたいと思います。大前提として、極性分子と無極性分子は電荷を持たず、水素結合するような構造も持たないとしめます。単純に極性分子は双極子モーメントを持つけれども、無極性分子は双極子モーメントを持たないということです。極性分子ならば、極性分子間に働く分子間力=ファンデルワールス力になります。つまり、極性分子間のファンデルワールス力=配向力+誘起力+分散力の3つの力の和になるということです。勿論、無極性分子間に働く分子間力=ファンデルワールス力です。しかしながら、無極性分子には双極子モーメントがないため配向力と誘起力は生じません。つまり、無極性分子間のファンデルワールス力=分散力となります。極性の無い貴ガス原子ではどうなるでしょう。極性が無いならば、貴ガス原子間に生じる力は分散力しかありませんので、貴ガス原子間に働く力=ファンデルワールス力=分散力になります。あともう1つ。貴ガス原子は分子では無いので、そもそも分子間力とは言いませんよね。高校で使われる用語は分子間力のみで“原子間力 interatomic force”という言葉は使いません。そもそも高校では分散力の取り扱いはないので、そうすると貴ガス原子の場合は確かに、ファンデルワールス力といった方が無難ですね。どうでしょう、何となくわかってきましたか。無極性分子 (貴ガス原子) 間に働く分子間力 (原子間力) =ファンデルワールス力=分散力という

「直観」で理解する化学の講義

関係ができますね。つまり、ファンデルワールス力=分散力というのはあくまでも無極性分子や貴ガス原子だけに適用されるということです。なんか、極性分子と無極性分子の取り扱いをきちんとしていなかったのが原因かもしれませんね（笑）。そして繰り返しになりますが、高校化学では分散力は取り扱わないので、高校化学では、分子間力≒ファンデルワールス力になってしまったのかな。グレーにしちゃいけないポイントがあるので、厳密なところは厳密にしましょうってことですね。